



# Gestion des rejets de tritium du site AREVA NC de La Hague, impact et surveillance associés

Patrick Devin<sup>1</sup>, Hervé Deguette<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Direction Sûreté Santé Sécurité Environnement, AREVA

<sup>2</sup> Surveillance Radiologique de l'environnement, AREVA NC de La Hague

Bien que le tritium apparaisse probablement comme l'un des radionucléides qui a été le plus étudié comme l'illustre notamment le livre de l'IPSN en référence [1], des questions sont encore soulevées en particulier sur son comportement dans l'environnement et dans les organismes vivants et les risques associés selon sa forme chimique. D'un point de vue sanitaire, il faut relativiser les risques du tritium dans la mesure où les observations disponibles, tant expérimentales qu'épidémiologiques contribuent à confirmer la faible radiotoxicité du tritium vis-à-vis des effets cancérogènes [2], voire ne remettent pas en cause l'Efficacité Biologique Relative (EBR)<sup>1</sup> du tritium [3].

L'usine AREVA NC de La Hague étant amenée à rejeter ce radionucléide, principalement dans le milieu marin, l'objet de cet article est d'analyser le comportement du tritium dans le combustible, sa présence dans l'usine de traitement et dans les rejets, l'impact de ces rejets et la surveillance du tritium qui est réalisée dans l'environnement. Des éléments d'expertise des voies de réduction des rejets sont également présentés.

## 1 | L'établissement AREVA NC de La Hague

La vocation de l'établissement AREVA NC de La Hague est de traiter les combustibles nucléaires usés, c'est-à-dire ceux sortant des réacteurs de production d'électricité, afin de récupérer les matières recyclables. En effet, une fois déchargé du réacteur, le combustible contient encore des matières réutilisables (environ 95 % d'uranium et 1 % de plutonium) et des résidus non valorisables (environ 4 % de produits de fission et actinides mineurs qui constituent les déchets). Le traitement-recyclage consiste donc à séparer l'uranium, le plutonium et les déchets, puis à conditionner ces derniers sous une forme stable. Ceci permet d'utiliser au mieux la valeur énergétique contenue dans les combustibles dits usés pour économiser les ressources en matières énergétiques naturelles, tout en réduisant le volume et la toxicité des déchets résiduels.

L'établissement AREVA NC de La Hague est aujourd'hui le premier site de traitement industriel de combustibles usés au monde. En France, le recyclage des matières récupérées (uranium et plutonium) permet d'économiser jusqu'à 30 % des besoins en uranium naturel. Par comparaison, la production d'électricité effectuée grâce à ce recyclage demanderait, par la voie thermique classique, la combustion de 30 millions de tonnes de charbon. Le traitement/recyclage contribue donc de manière importante à la réduction des gaz à effet de serre, menace croissante pour l'environnement mondial.

Pour assurer cette activité, l'établissement AREVA NC de La Hague exploite deux usines de production : UP2-800 (INB 117) mise en actif en 1994 et UP3 (INB 116) mise en actif en 1990. Les capacités de traitement sont de 1 000 tonnes par an pour chaque usine, avec une capacité de traitement réglementaire totale de l'établissement de 1 700 tonnes par an.

En 2008, l'établissement a assuré le traitement de 937 tonnes de combustibles usés, 946 tonnes en 2007 et 1015 tonnes en 2006.

Comme toute activité d'origine anthropique et en particulier industrielle, l'établissement est amené à effectuer des rejets. Ces rejets d'effluents liquides et gazeux sont réalisés dans un cadre réglementaire très précis.

Depuis la mise en exploitation des installations, des améliorations continues ont été apportées afin d'optimiser la gestion des effluents liquides et réduire au maximum l'impact des rejets dans l'environnement. Cette réduction progressive de l'impact des rejets des installations d'AREVA NC s'est faite au fil du démarrage de nouvelles installations, construites en remplacement d'installations plus anciennes pour répondre au besoin d'un accroissement des capacités de production.

Pour ce qui concerne les effluents radioactifs liquides, qui sont essentiellement constitués de toutes les solutions de lavage, rinçage, décontamination provenant des unités chimiques du traitement, une nouvelle station de traitement des effluents, dénommée STE3, a été mise en service en 1987, puis durant les années 1992-1996, un nouveau système de gestion des effluents liquides (Nouvelle Gestion des Effluents liquides, NGE) a été mis en œuvre avec pour objectif de réduire le volume des effluents à traiter dans l'installation STE3, celui des déchets solides associés et le niveau d'activité des eaux résiduaires issues du procédé.

L'arrêté d'Autorisation de Rejets et de Prélèvements d'Eau (ARPE) de l'Établissement AREVA NC La Hague de 2003, révisé en 2007 traduit explicitement cette démarche.

Dans le cas du tritium, l'impact potentiel est considérablement réduit s'il est rejeté en mer plutôt que dans l'atmosphère compte tenu des conditions de dispersion et de dilution autour de La Hague (impact d'un rejet gazeux 1000 fois plus important que l'impact d'un rejet liquide à quantité égale). Cette problématique a été prise en compte dès la conception de l'installation. C'est pourquoi les traitements effectués sur les gaz de dissolution orientent plus de 99% du tritium vers les rejets liquides.

<sup>1</sup> EBR = Rapport entre une dose d'un rayonnement à faible TEL (Transfert d'Énergie Linéique) et une dose du rayonnement considéré qui donne le même effet biologique. Les valeurs de l'EBR varient selon la dose, le débit de dose et l'effet biologique considéré. Dans le domaine de la protection radiologique, l'EBR pour les effets stochastiques dus à de faibles doses (EBRM) présente un intérêt particulier.

Dans cette configuration, le tritium contribue à hauteur de 0,1 $\mu$ Sv/an à l'impact dosimétrique annuel de La Hague qui est de l'ordre de 10 $\mu$ Sv à 20  $\mu$ Sv. Cette option constitue aujourd'hui l'optimum entre les critères de faisabilité technique, de sûreté, de protection des travailleurs et des riverains et de pertinence économique. AREVA NC étudie cependant d'autres possibilités qui pourraient consister à isoler le tritium afin d'en constituer un déchet.

## 2 | Rejets de tritium de l'établissement AREVA NC de La Hague

Pour mémoire, le tritium est un radionucléide naturel que l'on trouve notamment dans l'eau de mer à hauteur de 0,2 Bq/L. Sa période de décroissance radioactive est de 12,35 ans. C'est un émetteur bêta pur qui se désintègre en hélium. Il en disparaît chaque année naturellement 5,6 % pour former de l'hélium [4]. Le tritium existe sous différentes formes chimiques : eau tritiée (HTO), tritium gazeux (HT) et tritium lié à la matière organique (OBT<sup>2</sup>).

### 2|1 | Le tritium dans le combustible irradié

Lors de la fission, l'uranium et le plutonium, formé ou préexistant, se scindent en 2 éléments de masses inégales. Cette fission s'accompagne de l'émission d'un ou plusieurs neutrons qui entretiennent la réaction en chaîne et d'un dégagement d'énergie correspondant à la perte de masse. Néanmoins, dans environ 1 cas sur 10 000, la fission conduit à la formation de trois noyaux, dont un noyau léger de tritium (fission ternaire directe) ou d'hélium-3, qui par capture neutronique suivie d'une désintégration conduit à la formation de tritium.

D'après le code d'évaluation des quantités de radionucléides dans les combustibles irradiés (CESAR version 4) développé par le CEA, dans un combustible irradié à 33 000 MWJ/t, la production de tritium se répartit comme suit :

- fission ternaire directe (82,5%),
- fission ternaire indirecte et activation d'éléments légers : formation via l'hélium-6 puis le lithium-6, (11,5%),
- capture électronique suivie d'une désintégration conduisant à la formation de tritium : formation via l'hélium 3 (5%) et l'oxygène 16 (1%).

Dans les conditions de température et de pression de fonctionnement des réacteurs nucléaires, le tritium produit dans les éléments de combustible est essentiellement sous forme de gaz dissous qui a tendance à diffuser vers la périphérie de l'oxyde du combustible i.e. du crayon combustible et à s'accumuler dans le jeu entre l'oxyde et la gaine. Il diffuse alors vers la gaine où il se retrouve piégé sous forme de gaz dissous jusqu'à saturation du zirconium et formation d'hydrures métalliques. Ce phénomène est limité par la faible diffusivité du tritium dans la gaine et la formation de couches d'oxyde de zirconium (zircone) sur les parois interne et externe de la gaine qui limitent le relâchement de tritium dans le circuit primaire.

La répartition du tritium entre le combustible et la gaine dépend notamment du taux de combustion, de la vitesse de formation de la couche d'oxyde interne, du type de combustible, du réacteur. Il s'agit d'un phénomène complexe qui a été évalué à travers diverses actions. Initialement, l'analyse de coques en 1986 (tronçons de gaines d'assemblage combustible découpés lors du traitement du combustible usé) issues d'éléments combustibles irradiés à moins de 33 000 MWJ/t avait conduit à une valeur comprise entre 60 et 70% du tritium produit présent dans ces coques. Cette valeur a été prise en compte lors de la conception de l'usine

UP3. L'évolution des rejets annuels de tritium dans les effluents liquides de l'établissement AREVA NC de La Hague entre 1995 et 2007 montre une tendance inverse : la comparaison des rejets aux valeurs calculées à l'aide de CESAR version 4 font état d'une fraction dans l'oxyde supérieure à 60% et pouvant atteindre plus de 80%.

### 2|2 | Comportement du tritium lors du traitement du combustible usé : stratégie de gestion des rejets de tritium

Après cisailage et dissolution du combustible, le tritium contenu dans le gainage reste piégé dans les coques destinées à être compactées et conditionnées, après lavage, pour constituer un déchet solide.

La fraction du tritium contenue dans l'oxyde du combustible (non piégé dans les gaines du combustible) est quant à lui libéré lors de l'opération de dissolution. Le tritium est ensuite rejeté en mer principalement dans les eaux dites « tritiées » (environ 99,5 %) épurées des autres éléments radioactifs que le tritium. Une infime partie de ce tritium, compte tenu des propriétés de diffusion de cet élément, est rejeté sous forme gazeuse à partir de la ventilation du procédé de traitement (environ 0,5 %).

Les installations de traitement AREVA NC de La Hague ont été conçues de façon à confiner le tritium dans une zone restreinte de l'usine appelée zone tritiée et de le canaliser pour son rejet en mer. Les objectifs suivis étaient :

- d'une part, de simplifier la manipulation d'acide nitrique recyclé dans la zone non tritiée<sup>3</sup> et de limiter le risque de contamination des travailleurs à la zone tritiée,
- d'autre part, de réduire au maximum les rejets de tritium dans les effluents gazeux et de favoriser les rejets de tritium dans les effluents liquides afin de bénéficier de l'importante réduction de l'impact permise par la dilution dans le milieu marin (gain dosimétrique de l'ordre de 5300 pour la population de référence des agriculteurs de Digulleville, et de 440 pour la population de référence des pêcheurs de Goury).

Cette stratégie de gestion du tritium est présentée dans le plan national soumis par la France à la Convention OSPAR pour la protection du milieu marin de l'Atlantique Nord-est dans le cadre du Programme détaillé de mise en œuvre de la Stratégie OSPAR visant les substances radioactives qui précise : « Le tritium est un radionucléide pratiquement impossible à piéger. C'est un émetteur bêta de faible énergie et de très faible radiotoxicité. Il est donc estimé que le tritium doit être prioritairement rejeté dans les effluents liquides ». A l'issue des travaux de l'ICG (Intersessional Correspondence Group) Brème, le Comité de Substances Radioactives a établi un consensus sur les points suivants notamment : d'une part, il n'existe actuellement pas de « faisabilité technique » pour une réduction à l'échelle industrielle dans les effluents liquides provenant des centrales nucléaires et des usines de traitement et d'autre part qu'il était nécessaire de conduire un examen périodique de l'élaboration des techniques de réduction des rejets [5].

### 2|3 | Evolution des rejets de tritium

En 2008, 99,5% du rejet de tritium est sous forme liquide (8,19.103 TBq) et 0,5% sous forme gazeuse (46,4 TBq). Les limites réglementaires fixées par l'arrêté d'autorisation de prélèvements d'eau et de rejets pour le site nucléaire de La Hague sont rappelées dans le tableau 1.

<sup>2</sup> OBT = Organically Bounded Tritium. Tritium intégré de manière covalente dans les molécules organiques.

<sup>3</sup> Lors des opérations de dissolution dans l'acide nitrique et d'extraction en phase solvant, le tritium contenu dans le combustible reste principalement dans la phase liquide aqueuse contenant les produits de fission (sous la forme HTO, TNO). L'essentiel du tritium est confiné dans une seule partie de l'usine correspondant à la tête d'usine et aux unités de concentration des produits de fission. Cette quantité est réduite au maximum en lavant le solvant avec une solution nitrique diluée préparée à partir d'eau non tritiée. Ainsi, la majorité du tritium est confinée dans une seule partie de l'usine correspondant à la tête d'usine et aux unités de concentration des produits de fission. Lors de cette dernière opération, le tritium se répartit comme l'eau et est retrouvé principalement dans les distillats d'évaporation (eaux tritiées).

Tableau 1 : unités réglementaires

Evolution des autorisations annuelles de rejets de tritium et impact annuel aux limites autorisées	Limites fixées par les arrêtés de 1984	Limites fixées par l'arrêté du 10 janvier 2003 puis du 8 janvier 2007 modifiant l'arrêté de 1984
Rejets gazeux Impact dosimétrique Digulleville	2 200 TBq (6g) 2,4 µSv	150 TBq (0,4g) 0,165 µSv
Rejets liquides Impact dosimétrique Digulleville	37 000 TBq (104 g) 0,008 µSv	18 500 TBq (52 g) 0,004 µSv

L'évolution des rejets de tritium dans les effluents liquides et gazeux est présentée sur les figures 1 et 2. Les valeurs maximales ont été enregistrées en 2004 pour les rejets liquides ( $13,9 \cdot 10^3$  TBq soit environ 39 grammes) et en 1995 pour les rejets gazeux (84 TBq soit environ 0,2 gramme).

Figure 1. Evolution des rejets de tritium dans les effluents gazeux des usines AREVA NC de La Hague

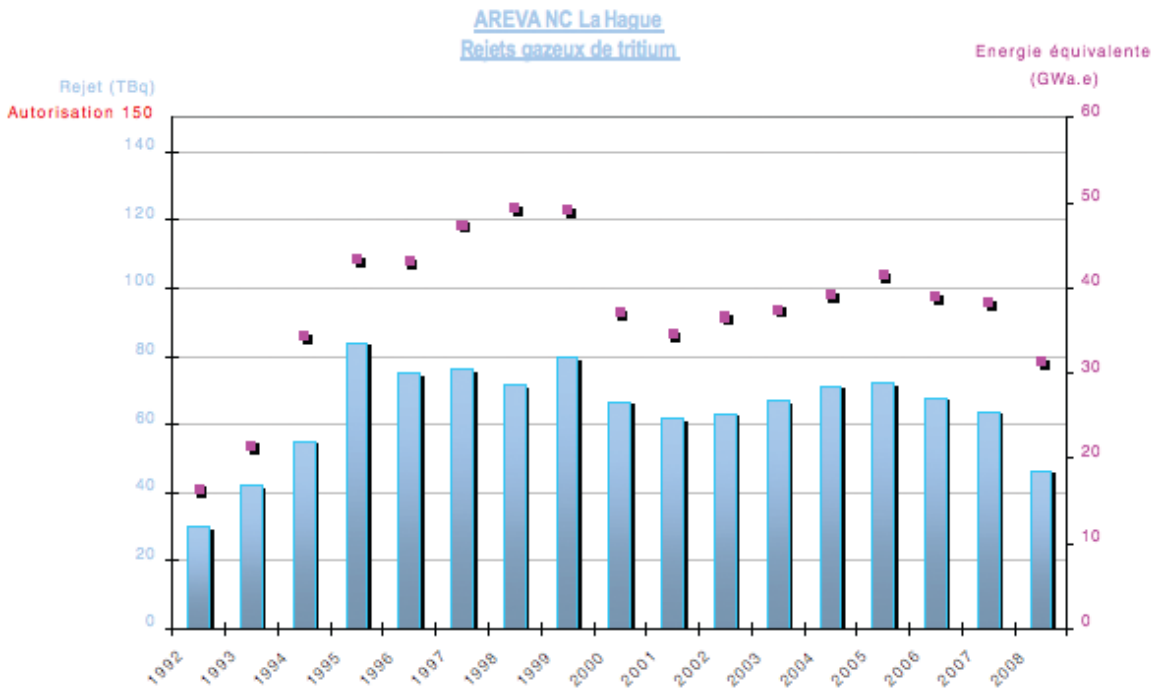
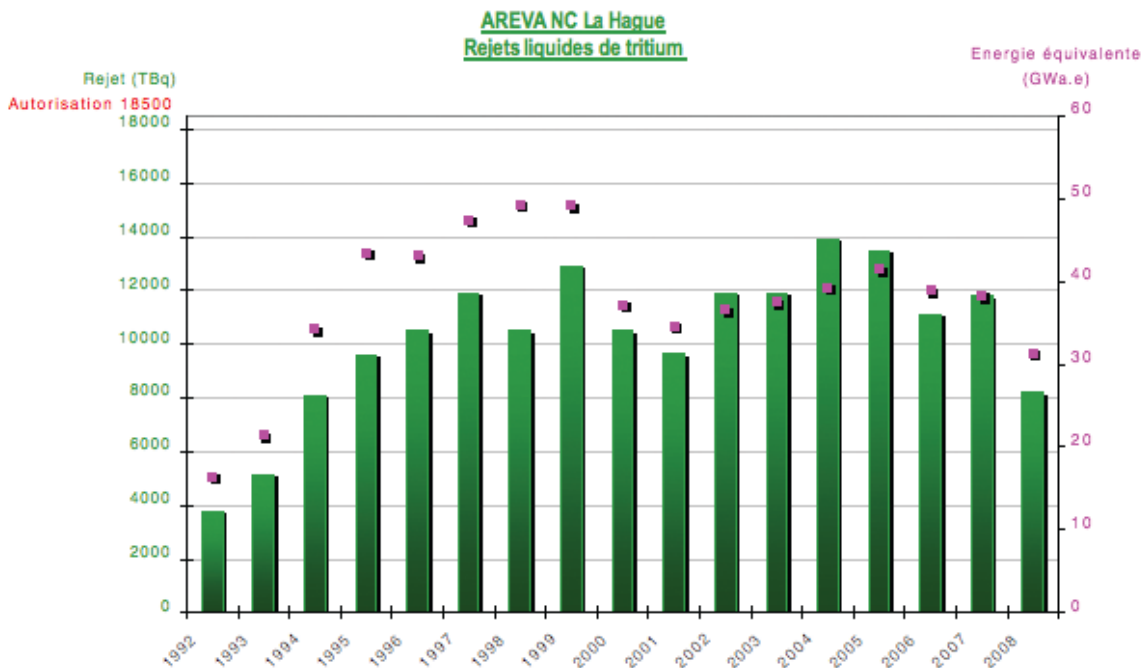


Figure 2. Evolution des rejets de tritium dans les effluents liquides des usines AREVA NC de La Hague



L'évolution des rejets de tritium est en première approximation comparable à celle de l'énergie équivalente correspondant aux combustibles traités (service rendu par les combustibles usés). On constate néanmoins que les rejets de tritium dans la période 2000-2008 sont comparables à ceux de la période 1992-1999 alors que le tonnage traité a été significativement diminué (non représenté sur les figures). Cette évolution est liée à l'augmentation du taux de combustion des combustibles traités. Ceci est confirmé par les calculs d'évolution réalisés à partir de la version 5 de CESAR qui prend en compte les fissions ternaires indirectes par l'hélium 6 et qui montrent que l'évolution du tritium par rapport au taux de combustion est non linéaire.

## 2|4| Mesure de l'activité tritium dans les effluents

Concernant les effluents liquides, chaque cuve d'effluent à rejeter en mer fait l'objet d'analyses pour permettre l'autorisation des rejets en mer et les bilans mensuels réglementaires. Le tritium est majoritairement sous forme d'eau tritiée HTO (environ 38 g de tritium, soit 250 g de HTO dans 40 000 t d'eau : dilution 1/160 000 000). La mesure de l'activité du tritium est effectuée pour chaque rejet d'effluents susceptibles d'en contenir. Cette mesure est réalisée par scintillation liquide à partir d'un mélange de l'échantillon représentatif, dilué ou distillé, avec du liquide scintillant.

Les gaz libérés lors des opérations de cisailage et de dissolution passent dans différentes colonnes de recombinaison et de lavage puis sont filtrés avant rejet. La radioactivité résiduelle rejetée sous forme de gaz transite par les émissaires qui font l'objet d'une surveillance en temps réel et des prélèvements en continu analysés au laboratoire. Le tritium contenu dans les effluents gazeux est piégé pour mesures et bilans dans 4 barboteurs en série remplis d'eau distillée. Le contenu des quatre pots des barboteurs en place, prélevé par période (1 au 7, 8 au 14, 15 au 21 et 22 au dernier jour du mois), permet la mesure de l'activité par scintillation liquide. La vapeur d'eau tritiée (HTO) ainsi que le gaz tritium (HT) oxydé à l'aide d'un four sont ainsi mesurés (Figure 3).

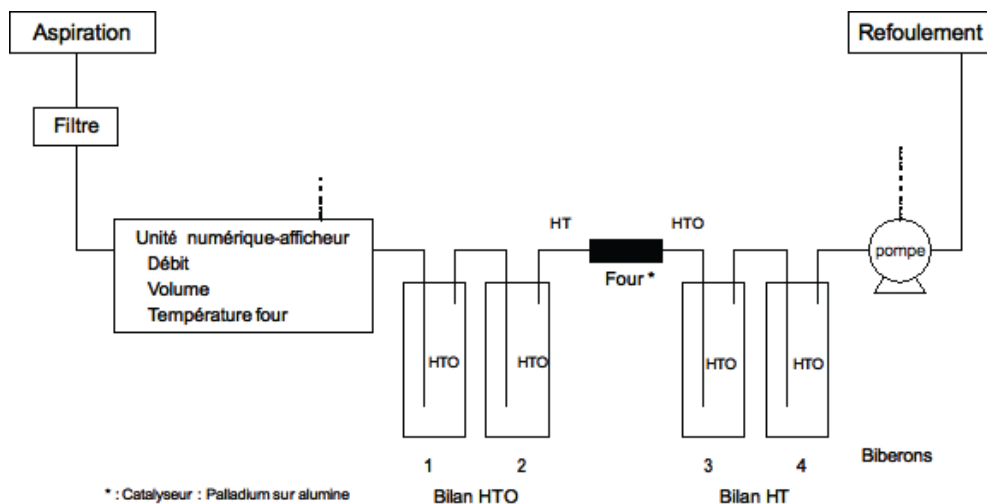
bilan des modifications et de leurs conséquences sur les rejets ».

Afin de réduire l'impact des rejets de tritium dans l'environnement, une possibilité consisterait à piéger, immobiliser et conditionner sous une forme appropriée le tritium présent dans les effluents liquides en vue d'un entreposage (immobilisation temporaire permettant la décroissance du tritium) ou stockage (immobilisation définitive sous forme de déchet ultime). L'importante dilution du tritium dans les effluents tritiés du site de La Hague (dilution massique 1/160 000 000) excluant un conditionnement direct, une opération de concentration préalable serait à envisager (distillation isotopique) mais l'ordre de grandeur de l'installation requise reste très important et énergivore. Une autre possibilité serait d'éviter la production d'effluents tritiés ou de les réduire à une très faible quantité. Toutefois, ceci ne serait envisageable qu'en prenant en compte des concepts technologiques (voloxydation, pyrométallurgie) qui sont encore à l'état de développement et qui par ailleurs, seraient difficilement transposables sur une installation existante.

Dans le cas d'une usine de traitement du combustible usé, les difficultés liées à la récupération du tritium rejeté sont donc encore amplifiées par la forte dilution du tritium dans les effluents à traiter. Ceci explique qu'aucune usine de traitement (La Hague, Thorp, Rokkasho, Tokai) ne mette en œuvre à échelle industrielle un procédé de récupération du tritium dans les effluents liquides.

Il ressort à ce jour de ces analyses que la mise en œuvre de tout procédé de concentration et de récupération du tritium conduirait également à une probable augmentation des rejets gazeux donc de l'impact dosimétrique, à exposer les travailleurs lors des travaux de modification des usines et lors de l'exploitation de l'unité, à l'entreposage des solutions ou des déchets tritiés produits. Enfin, on peut ajouter que les coûts qui seraient associés à la mise en place d'une de ces technologies, en admettant une maturité industrielle suffisante, seraient considérables.

Figure 3. Etude des possibilités de réduction des rejets tritium des usines de La Hague



Malgré un impact dosimétrique du tritium insignifiant (< 1% de l'impact total) et bien que les rejets d'effluents tritiés en mer soient aujourd'hui la meilleure gestion de ces rejets, AREVA NC a évalué, dans une démarche de progrès continu, des voies de réduction de ces rejets notamment dans le cadre de l'article 42 de l'arrêté d'autorisation de rejets de La Hague.

Cet article précise notamment : «L'exploitant devra adresser dans un délai de trois années à compter de la publication du présent arrêté et ensuite tous les quatre ans une étude technico-économique visant à réduire ses rejets tant chimiques que radiologiques. Cette étude sera notamment basée sur une comparaison des techniques utilisées avec les meilleures technologies disponibles à un coût raisonnable et sera accompagnée d'un

## 3| Impact dosimétrique du tritium sur les populations riveraines autour du site de La Hague

L'impact dosimétrique sur les populations riveraines autour de La Hague est estimé à partir du logiciel ACADIE issu des travaux du GRNC (Groupe Radioécologie Nord-Cotentin) et développé conjointement par l'IRSN et AREVA NC.

### L'impact dosimétrique annuel du tritium sur les groupes de

référence de Goury (groupe de référence marin) et Digulleville (groupe de référence terrestre) est inférieur à 0,1 µSv/an, soit moins de 1 % de l'impact total lui-même de l'ordre de 10 à 20 µSv comparable à moins de deux journées d'exposition à la radioactivité naturelle. Cette estimation est soumise à l'appréciation du groupe radioécologie Nord-Cotentin (GRNC) dont l'avis est rendu public et est présenté à la CLI de La Hague. Le GRNC est un groupe d'expertise pluraliste constitué d'experts d'origines et de domaines de compétences divers (Instituts, ONG, experts étrangers, industriels). Ce travail a été réalisé sur les activités de 2003 à 2006. Cette appréciation a toujours confirmé l'ordre de grandeur des résultats présentés par AREVA NC La Hague.

Ainsi, même en prenant comme hypothèse que la radiotoxicité du tritium puisse être sous-estimée d'un facteur 2 ou plus, comme ceci est débattu actuellement, et que la part de tritium organique soit également sous-estimée autour de La Hague (ce qui conduirait à sous estimer une part de la dose ingestion d'un facteur 2) donc en admettant de façon très enveloppe que la dose due au tritium soit sous estimée d'un facteur 10, l'impact des rejets liquides et gazeux en tritium sur les groupes de référence serait de l'ordre du  $\mu\text{Sv}/\text{an}$  et resterait un impact dosimétrique insignifiant autour de La Hague.

## 4 | Surveillance du tritium dans l'environnement

Le programme annuel de surveillance de la radioactivité de l'environnement est établi sous le contrôle de l'ASN. Il fixe les natures, fréquences, localisations et modalités techniques des mesures. Les résultats sont transmis mensuellement dans les registres réglementaires à l'ASN et depuis début 2009 au réseau national de mesures de la radioactivité de l'environnement géré par l'IRSN. Ces données sont intégrées dans le rapport annuel public présenté à la CLI de La Hague. Elles sont également présentées dans le rapport environnemental, social et sociétal de l'établissement et seront consultables par le public sur Internet en 2010 dans le cadre du réseau national de mesures de la radioactivité de l'environnement. La surveillance de l'environnement représente annuellement environ 20 000 prélèvements et 70 000 analyses. La mesure du tritium, tout milieu confondu (marin, atmosphérique, aquatique et terrestre) représente environ 8400 mesures, soit environ 12 % des mesures du programme annuel de surveillance.

Dans le milieu marin, 400 mesures de tritium libre sont réalisées par scintillation liquide sur des échantillons filtrés d'eau de mer à la côte et au large après sa filtration. Des mesures non réglementaires sont également effectuées en complément pour expertise sur des algues (fucus) en  $\text{Bq}/\text{kg}_{\text{frais}}$  dont les résultats indiquent une activité de l'ordre de quelques  $\text{Bq}/\text{L}$  en tritium libre ainsi qu'en tritium lié (OBT : Organically Bounded Tritium). En parallèle, l'ACRO (Association pour le Contrôle de la Radioactivité dans l'Ouest) qui réalise une surveillance autour du site notamment, a présenté des résultats similaires sur leur site internet (tritium libre uniquement).

Les analyses sont effectuées pour la plupart par le laboratoire environnement de l'établissement, agréé par l'ASN et également accrédité par le COFRAC (Comité Français d'Accréditation) depuis 1996 et par le laboratoire Départemental d'Analyses (LDA 50).

960 mesures de tritium dans l'air par an sont réalisées par scintillation liquide, environ 450 sur les eaux de pluie, les eaux de ruisseaux et les eaux de consommation et 1400 (réglementaires et non réglementaires) sur les eaux souterraines. 12 mesures sont également réalisées sur les végétaux aquatiques.

Enfin, et en complément de 80 mesures de tritium libre dans le lait, environ 90 mesures de tritium lié (OBT) sont réalisées sur les végétaux, les fruits et légumes, dans la viande et dans les produits fermiers. La mesure du tritium lié se fait suivant la méthode suivante : combustion de l'échantillon sec dans un four à  $900^\circ\text{C}$  sous flux gazeux  $\text{Ar}/\text{O}_2$ . Récupération de la vapeur d'eau tritiée dans 2 pièges froids. Distillation de l'eau de combustion obtenue puis mesure du tritium par scintillation liquide (méthode CETAMA n°384 : « Dosage du tritium dans les matrices biologiques »).

Les activités mesurées dans l'environnement sont du même ordre de grandeur que les activités calculées par ACADIE (de l'ordre de  $10 \text{ Bq}/\text{L}$ ) : en 2006, le rapport entre les valeurs calculées et les valeurs mesurées valait 0,98 dans la zone de dilution de 1 [6]. Le tritium est notamment utilisé pour valider le modèle de dispersion marine DISPRO développé par IFREMER et l'IRSN. Ce modèle est validé par l'IRSN pour AREVA NC La Hague à partir de la réalisation de plusieurs campagnes de mesures en mer.

Par ailleurs, des questions sur l'hypothèse d'une bioaccumulation du tritium et de la présence de tritium sous forme organique (OBT) dans les organismes marins ont été soulevées par les associations membres du GRNC. Ce phénomène n'est pas pris en compte par le GRNC ni dans les mesures réalisées dans le milieu marin autour de La Hague. Une étude de l'IRSN [7] concernant l'analyse critique des données disponibles de carbone 14 et de tritium dans le Nord Cotentin et en Manche a été réalisée afin d'apporter des éclairages sur ces questions. Cette étude conclut, sur la base des travaux réalisés par l'IRSN, que le facteur de concentration du tritium dans diverses espèces marines de l'écosystème de La Hague est proche de 1 contrairement à celui observé dans les écosystèmes comme ceux du chenal de Bristol (le tritium y est présent à plus de 85 % sous forme organique OBT dans les organismes) ou de Sellafeld. Le GRNC a pris note de cette étude et poursuivra ses réflexions en intégrant notamment les résultats des travaux réalisés dans le cadre du groupe de réflexion créé par l'ASN en 2008 sur la bioaccumulation et les effets du tritium sur les organismes vivants. On notera qu'une campagne de mesures sur le tritium organique a été réalisée par l'IRSN pour EDF dans le cadre du bilan radioécologique décennal de la CNPE de Flamanville en Nord-Cotentin de laquelle il ressort que l'activité moyenne des organismes en OBT (eau de combustion) et en HTO (eau libre) est de  $10 \text{ Bq}/\text{L}$ , que le rapport moyen OBT/HTO est de  $1,1 \pm 0,3$ , que l'activité moyenne de l'eau de mer étant de  $10 \text{ Bq}/\text{L}$ , le facteur de concentration moyen est de 1 et enfin que le tritium est présent à plus de 85 % sous forme libre dans les organismes.

De même, le RSC (Radioactive Substances Committee) d'OSPAR s'accorde sur le fait que le tritium a un coefficient de dose très bas, il présente donc une très faible radiotoxicité pour l'homme et une radiotoxicité intrinsèquement faible pour le biote. De plus, le tritium n'est pas considéré comme « pertinent pour le milieu vivant », car « il ne semble pas que le milieu vivant marin soit capable de le bioaccumuler (à l'exception des composés de  $^3\text{H}$  organique) » [5].

## 5 | Conclusion

Les rejets en mer des effluents tritiés de l'usine de La Hague apparaissent comme la meilleure option de gestion de ces effluents du fait de la forte dilution en mer ( $0,76 \text{ Bq}/\text{m}^3$  par  $\text{TBq}/\text{an}$  rejeté) et d'un très faible impact dosimétrique associé ( $0,1 \mu\text{Sv}/\text{an}$  pour un impact global de l'ordre de  $10 \mu\text{Sv}/\text{an}$ ).

L'analyse de la mise en œuvre de tout procédé de concentration et de récupération du tritium dans l'objectif de réduire les rejets de tritium de l'usine de La Hague ne remet pas en cause à l'heure actuelle cette gestion.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Le tritium, de l'environnement à l'homme, coordination Y. Belot et al, livre IPSN aux éditions EDSP, 1996
- [2] Les effets sur la santé du tritium. Point des connaissances sur le tritium organiquement lié (OBT), Dr L. Lebaron-Jacobs et Dr A. Flury-Hérard (CEA/DSV) – CSSIN du 31 mai 2007
- [3] Les risques liés aux expositions au tritium sont-ils sous-évalués ? F. Paquet, H. Métivier – Radioprotection, Vol.43, n°2, 178-182, 2008
- [4] Plaquette SFRP : « le tritium et son environnement », janvier 2002
- [5] Third periodic evaluation of progress towards the objective of the Radioactive Substances Strategy, OSPAR, publication number 455/2009 (2009)
- [6] Groupe Radioécologie Nord-Cotentin (GRNC), Appréciation par le GRNC de l'estimation des doses présentées dans le rapport annuel de surveillance de l'environnement d'AREVA-NC La Hague 2005, rapport de synthèse et rapport détaillé, mai 2007
- [7] Analyse critique des données disponibles de carbone 14 et de tritium dans le Nord Cotentin et en Manche, D. Maro, M. Masson et al. - IRSN DEI/SECURE/-006Avertissement